

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნინო ნატროშვილი

კომპიუტერული ქსელის ანალიზატორის შემუშავება
ოპტოელექტრონულ მეთოდებზე და საშუალებებზე

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის
კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტის
კომპიუტერული სისტემების და ქსელების მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ოთარ ნატროშვილი

რეცენზენტები:

ტეფ. მეცნიერებათა დოქტორი, სრული პროფესორი ალექსანდრე ჩადუნელი

ტეფ. მეცნიერებათა კანდიდატი, სრული პროფესორი ალექსანდრე რობიტაშვილი

დაცვა შედგება 2012 წლის “—“ —————, ————— საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის
სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი —————, აუდიტორია —————
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი

ტ.მ.კ., სრული პროფესორი

თ. კაიშაური

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. ტელესაკომუნიკაციო ტექნოლოგიების სრულყოფაში ბოლო პერიოდში აშკარად შეინიშნება მნიშვნელოვანი ევოლუციური ცვლილებები, რის გამოც თანამედროვე ეპოქას ხშირად და სრულიად სამართლიანადაც უწოდებენ კომპიუტერული სისტემისა და ქსელების თავბრუდამხვევი განვითარების ეპოქას. საზოგადოებრივი ცხოვრების დღევანდელ პირობებში ძალზე შესამჩნევად, თამამად შეიძლება ითქვას თითქმის ყოველ დღე, იზრდება ქსელში ჩართული მუშა სადგურების (ძირითადად პერსონალური კომპიუტერების) და მათი მეშვეობით ქსელური სერვისების მომხმარებელთა საერთო რაოდენობა. ცხადია, მომხმარებელთა რიცხვის ასეთი განუწყვეტელი ზრდა თავის მხრივ იწვევს ქსელის არხებში გადასაცემი საინფორმაციო ნაკადების ინტენსიობის მკვეთრ ცვლილებებს, კერძოდ, მის ამადლებას, რასაც ქსელის მუშაობის პიკური დროის მომენტებში თან სდევს პაკეტების მიმღებ-გადამცემ რგოლებში ჭარბი დატვირთვების წარმოქმნა. შეტყობინებათა პაკეტების ელექტრონული ტრანსპორტირებისას ასეთ დროს ქსელური გაერთიანების სატრანზიტო-საკომუტაციო სისტემების შესასვლელ და გამოსასვლელ ინტერფეისებში მომხმარებლებიდან სერვერებისაკენ, ან პირიქით, სერვერებიდან მომხმარებლებისაკენ (კლიენტებისაკენ) წარმოიქმნება ქსელის არხებში გადასაცემი ჭარბი (ხშირად არაპროგნოზირებადი) პაკეტების სიმრავლე, ანუ სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, წარმოიქმნება ქსელის მუშაობის პიკის სათებში გადაცემებისათვის განკუთვნილი ასეთი პაკეტებისაგან შემდგარი გარკვეული სიგრძის რიგები. ეს უკანასკნელი კი წარმოქმნის გადატვირთვის შემთხვევებს, რასაც თან სდევს ქსელის სწრაფქმედების შენელება, მისი წარმადობის მკვეთრი დაცემა. ასეთი მოვლენები შესამჩნევად აქვეითებს ქსელის რეაქციას (რეაგირებას) აბონენტების მხრიდან გაგზავნილ სხვადასხვა სერვისული მომსახურების განაცხადებზე (კლიენტების მოთხოვნებზე), რაც ძირითადად გამოიხატება მომხმარებელთა ამ მოთხოვნებზე მისაღები პასუხების დაგვიანებაში. ეს უკანასკნელი კი ხშირად ხდება მათი უკმაყოფილობის მიზეზი.

კომპიუტერულ ქსელში ჭარბი დატვირთვების წარმოქმნას ბოლო პერიოდში დამატებით ხელს უწყობს, აგრეთვე, ქსელთან ურთიერთობის სრულიად ახალი სერვისის განხორციელების ტექნიკური შესაძლებლობა, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მრავალმილიონიან მოსახლეობას მობილური ტელეფონებითაც კი (ბოლო თაობის სრულყოფილი მობილური ტელეფონებიდან)

შეუძლიათ მიმართონ ქსელის მასობრივი მომსახურების საინფორმაციო-საცნობარო ან კომერციული ხასიათის სერვერებს. რათქმაუნდა მათი ხშირი ასეთი მიმართვებიც ზემოთხსენებული ტრაფიკის სიჭარბის გამო იწვევენ ქსელის სწრაფქმედების შესამჩნევ შენელებას, რასაც აუცილებლად მოჰყვება მისი წარმადობის მკვეთრი დაცემა. აქედან გამომდინარე კომპიუტერული ქსელებისათვის ამჟამად უფრო მწვავედ, ვიდრე არასდროს, დღის წესრიგში დგება ისეთი აქტუალური პრობლემის გადაჭრის აუცილებლობა, როგორიცაა სხვადასხვა სახისა და დანიშნულების საინფორმაციო ნაკადების გადაცემების ეფექტური მართვა, ე.ი. მათში არსებული კლიენტ-სერვერული სახის პაკეტების შეუფერხებელი გადაცემა-მიღების წარმოება ქსელის მრავალრიცხოვან (ასევე მრავალმილიონიან) კვანძებს შორის, განსაკუთრებით კი მისი სატრანზიტო დანიშნულების საკომუტაციო კვანძების ისეთ გლობალურ ქსელურ გაერთიანებაში, როგორიცაა ინტერნეტი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მეტად აქტუალურია ჰოსტის კომპიუტერებს შორის ტრანზიტისას კვანძების შემაერთებელი არხებით მომხმარებელთა კითხვა-პასუხების შემცველი კლიენტ-სერვერული პაკეტების მინიმალურ დროში გადაადგილება (განსაკუთრებით, როგორც აღვნიშნეთ, ქსელის პიკური დატვირთვის მომენტებში) ანუ რაც იგივეა, ნაკლები დროითი დანახარჯებით ასეთი პაკეტების დიდი სიმრავლის ეფექტური ელექტრონული ტრანსპორტირება კლიენტებისაგან გლობალური გეოგრაფიული მანძილებით დაშორებულ სერვისის მიმწოდებელ სერვერებს შორის. ეს უკანასკნელი კი (ე.ი. პაკეტების დიდ მანძილებზე გადაცემა) პირველ რიგში საჭიროებს ქსელებში სატრანზიტო-საკომუტაციო პრობლემების უფრო უკეთ გადაწყვეტას, ვიდრე ეს დღეს-დღეობით ხერხდება. ამის გამო სწარმოებს პაკეტების დაგროვება წყაროდან მიმდებამდე სატრანზიტო კვანძებში, ანუ როგორც ხშირად ვახსენებთ, ჭარბი პაკეტების (ანუ ტრაფიკის სიჭარბის) წარმოქმნა. აქედან გამომდინარე პრობლემების დასარეგულირებლად მიზანშეწონილია დამუშავდეს ახალი მეთოდებითა და მოწყობილობებით (ჩვენს ნაშრომში ოპტოელექტრონული სახის) აღჭურვილი აპარატურულ-პროგრამული საშუალება, რომელიც წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში ხშირად მოხსენიებულია როგორც კომპიუტერული ტრაფიკის სიჭარბის მარეგულირებელი სპეციალიზატორი.

მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების თანამედროვე დონეზე მიღწეულია კომპიუტერული აპარატურულ-პროგრამული მოწყობილობების გაფართოებული ფუნქციონალური შესაძლებლობები. ასეთი მოწყობილობები

როგორც შემაღვე-ნელი კვანძები, გაერთიანდება ასეთი სახის ანალიზატორებში. ისინი საშუალებას მოგვცემენ კომპიუტერულ ქსელებში ზემოთნახსენები მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების ეფექტური მართვის მიზნით შემოთავაზებული და საკმაოდ დაწვრილებით გამოკვლეული სწრაფქმედი ოპტოელექტრონული მეთოდებით სრულიად ახლებურად მიუდგეთ ჭარბი პაკეტების კომუტაციის ზოგიერთი პრობლემის უფრო ოპტიმალურ გადაწყვეტას, ვიდრე ეს ხერხდება დღევანდელი მათი მდგომარეობით.

ამგვარად, წინმდებარე სადისერტაციო ნაშრომში კვლევისათვის შერჩეული თემატიკა, რომელიც ეხება ქსელის მუშაობის პიკის საათებში ოპტიკურ-ბოჭკოვან არხებში წარმოქმნილი კომპიუტერული ჭარბი ტრაფიკის რეგულირების ეფექტური მეთოდებისა და საშუალებების დამუშავებას ზემოთხსენებული სპეცდანიშნულების ანალიზატორის სახით, ძალზე აქტუალურია.

ნაშრომის მიზანი და კვლევის ამოცანები. ქსელის მიმდებ-გადამცემ რგოლებში არსებული საკაბელო სისტემების, სიგნალების გადამცემი და მიმღები მოწყობილობების, მათ შორის სატრანზიტო დანიშნულების საკომუტაციო სისტემების ტექნიკურ შესაძლებლობებზე და ამ შესაძლებლობების ეფექტურ გამოყენებაზე დიდადაა დამოკიდებული მთლიანი ქსელური სტრუქტურის გამართული მუშაობა. კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის მრავალ კრიტერიუმს შორის ძალზე მნიშვნელოვანია ქსელის არხებით პაკეტების სიმრავლეებისაგან შემდგარი საინფორმაციო ნაკადების სინქარეების გაზრდა, რაშიც აშუამად დიდი პროგრესი შეინიშნება ბოლო პერიოდში მაღალსიჩქარიანი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ტექნოლოგიების დანერგვით. იგივე შეიძლება ითქვას სწრაფქმედი და მაღალი წარმადობის კომუტატორებისა და მარშრუტიზატორების შექმნაზე და მათ ინტენსიურ გამოყენებაზე. სამწუხაროდ, მიუხედავად ყოველივე ამისა, ზემოთხსენებული მიზეზებით (საინფორმაციო ნაკადების განუწყვეტელი ზრდის პირობებში) საკომუტაციო პრობლემების დამაკმაყოფილებელი დონით გადაწყვეტა მთლიანობაში დღეს-დღეობით მაინც ვერ ხერხდება. მსგავსი პრობლემები განსაკუთრებით მწვავედ იგრძნობა საინფორმაციო პაკეტების ქსელების მაქსიმალური დატვირთვის დროს, ანუ ქსელის მუშაობისას პიკური დროითი მომენტებისათვის. დროის ასეთ მონაკვეთებში ძალზე შესამჩნევი ხდება კომპიუტერული ტრაფიკის დონის მკვეთრი ცვალებადობა, რასაც ქსელურ ლიტერატურაში ხშირად უწოდებენ ტრაფიკის პულსაციებს. პულსაციების წარმოქმნის ალბათობის გაზრდა, ან

პულსირებული ტრაფიკის რეალური არსებობა ქსელში, უარყოფითად აისახება მთლიანი ქსელური სისტემის მუშაობის ეფექტურობაზე, პირველ რიგში კი კლიენტ-სერვერული პაკეტების დროულ და საიმედო მიღება-გადაცემებზე.

კომპიუტერული ქსელის ტრაფიკის განტვირთვის პრობლემა (იგივე, ზემოთნახსენებ ტერმინს თუ ვიხმართ, ტრაფიკის პულსაციების ჩახშობა, ხშირად ხმარობენ ასევე ტერმინებს “გათანაბრება” ან ტრაფიკის “დაუთოება”) შესაძლებელია საკომუტაციო საქმიანობის უკეთ რეგულირების გზით. ეს შესაძლებელია მოხდეს, მაგალითად, პიკურ მომენტებში ქსელურ ცალკეულ, შედარებით ნაკლებად დატვირთულ სეგმენტებს შორის გადასაცემი ჭარბი პაკეტების სწრაფი და ეფექტური გადანაწილებით. ეს პრობლემა განსაკუთრებით მძაფრდება მრავალრიცხოვანი მომხმარებლების მქონე დიდი ზომის კომპიუტერული ქსელის მუშაობისას, რომელიც, როგორც ზემოთ ვახსენეთ, ხასიათდება, აგრეთვე, სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძების ძალზე დიდი სიმრავლით, განსაკუთრებით პაკეტების გადაადგილებისას დიდი გეოგრაფიული მანძილებით დაშორებული ჰოსტის კომპიუტერებს შორის. ასეთ დროს კვანძების კომუტატორ/მარშრუტიზატორებში სწარმოებს (როგორც ზემოთ ვახსენეთ, მაღალი ინტენსიობის და თანაც დროში დამახასიათებელი არაპროგნოზირებადი ცვალებადობით, ანუ პულსაციებით) საინფორმაციო ნაკადების ურთიერთ გადაკვეთა. აქედან გამომდინარე დღის წესრიგში დგება შემუშავებული და შემოთავაზებული იქნეს გადაცემების ისეთი ახალი მეთოდები და ეფექტური საკომუნიკაციო ალგორითმები, რომლებიც მეტ-ნაკლებად დაარეგულირებენ აღნიშნულ პრობლემებს.

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, ძალზე საჭიროა შემუშავდეს ქსელის პიკური დატვირთვის დროითი მომენტებისათვის საინფორმაციო ნაკადების ინტენსიობის ცვლილებებით გამოწვეული პულსირებული ტრაფიკის რეგულირების ეფექტური მეთოდები და ამ მეთოდების განხორციელების საშუალებები. აქედან გამომდინარე წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანია დიდი რაოდენობის პაკეტების, ანუ კომპიუტერული ტრაფიკის სიჭარბის მარეგულირებელი აპარატურულ-პროგრამული საშუალებების – სპეციალიზატორის შემუშავება და კვლევა. ამ მიზნის მისაღწევად წარმოდგენილ ნაშრომში გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

- გაანალიზებულია კომპიუტერული ტრაფიკის გადატვირთვის მიზეზები. გამოკვეთილია ამ მიზეზების აღკვეთის ღონისძიებებში საკომუტაციო სისტემების როლი და მნიშვნელობა. ჩატარებულია საინფორმაციო ნაკადების

ინტენსიობის, კავშირის ხაზებისა და საკომუტაციო მოწყობილობების გამტარუნარიანობის ურთიერთდამოკიდებულებების ანალიზი;

- ფორმულირებულია ჭარბი პაკეტების ინტენსიობის ცვლილებებით გამოწვეული კომპიუტერული ტრაფიკის პულსაციების რეგულირების პრობლემები. აღნიშნულია ამ პრობლემების გადაწყვეტის ამჟამად არსებული მეთოდებისა და საშუალებების ნაკლოვანი მხარეები. გამოკვეთილია ქსელების მუშაობის პიკური დროითი მომენტებისათვის ტრაფიკის სიჭარბის მართვის უფრო ეფექტური მეთოდებისა და საშუალებების საჭიროება ნაშრომში დამუშავებული სპეცნალიზატორის სახით. განსაზღვრულია ამ უკანასკნელის დანიშნულება, სახესხვაობები და შესასრულებელი ფუნქციები;
- დასაბუთებულია ქსელის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი არხების საკომუტაციო კვანძების შემადგენელ ინტერფეისებთან პიკის საათებში დაგროვილი ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგძლივობების ოპტოელექტრონული მეთოდებით განსაზღვრის და მისი გამოყენების მიზანშეწონილობა;
- დამუშავებულია სპეცნალიზატორის შემცველი ოპტოელექტრონული მოწყობილობების სტრუქტურული სქემები, აღწერილია მათი მუშაობის ალგორითმები;
- ქსელის მუშაობის პიკის საათებში წარმოქმნილი ჭარბი პაკეტების ოპტიმალურად განთავსების მიზნით დამუშავებულია საკომუტაციო კვანძების ბუფერული მექანიზმების ინტეგრირებული სივრცის შექმნისა და სპეცნალიზატორის მიერ მისი ზონებად დაყოფის მეთოდები;
- დამუშავებულია ჭარბი ტრაფიკის ოპტიმალური განაწილების მეთოდები;
- ჩატარებულია სპეცნალიზატორის ალგორითმების მუშაობის ექსპერიმენტული შემოწმება და მოცემულია მიღებული შედეგების შეფასება.

სადისერტაციო ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე. წარმოდგენილი სადოქტორო დისერტაციის სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს იმაში, რომ ნაშრომში დამუშავებულია პირველად:

- კომპიუტერული ტრაფიკის სიჭარბის მარეგულირებელი აპარატურულ-პროგრამული საშუალებების – სპეცნალიზატორის ოპტოელექტრონული მოწყობილობები;
- კომპიუტერული ქსელის ოპტიკურ-ბოჭკოვანი კავშირის ხაზებში ჭარბი სიგნალების დროითი ხანგძლივობების განსაზღვრის ოპტოელექტრონული მეთოდები და საშუალებები;

- შემოთავაზებული და გამოკვლეულია მრავალპროცესორული საკომუტაციო კვანძის ბუფერული მექანიზმების ინტეგრირებული სივრცის შექმნისა და ჭარბი პაკეტების ოპტიმალური განთავსების მიზნით ამ მექანიზმების ზონალურ მონაკვეთებად დაყოფის მეთოდი;
- გამოკვლეულია ჭარბი პაკეტების შეფასების წონითი კოეფიციენტების შემოღებისა და სპეცნალიზატორის მიერ მათი ციკლური გამოკითხვის მეთოდები კომუტატორის გამოსასვლელ პორტებზე ასეთი პაკეტების პრიორიტეტული გაცემისათვის.

სადისერტაციო ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება. წარმოდგენილი

სადოქტორო დისერტაციის პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ:

- დამუშავებულია ქსელის ოპტიკურ-ბოჭკოვან ხაზებში ოპტიკური სიგნალების დროითი ხანგძლიოების გაზომვის, მათი ურთიერთშედარების, შეკრება-გამოკლებისა და გამრავლების ოპტოელექტრონული მოწყობილობები სტრუქტურული და პრინციპიული სარეალიზაციო სქემების დონეზე;
- დამუშავებულია სპეცნალიზატორის მუშაობის ალგორითმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჭარბი პაკეტების მაღალი ინტენსიობის პირობებში სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძების გამოსასვლელ პორტებზე მათი ოპტიმალური განაწილების შესაძლებლობებს;
- დამუშავებული და ექსპერიმენტულად შემოწმებულია ტრაფიკის სიჭარბის რეგულირების ეფექტური ალგორითმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ სატრანზიტო ხაზებში მაღალსიჩქარიანი კომუტაციების განხორციელების შესაძლებლობებს ბუფერულ მექანიზმებში ჭარბი პაკეტების შეყოვნების ნაკლები დროითი დანახარჯებით.

პუბლიკაციები. სადისერტაციო ნაშრომის ირგვლივ რეცენზირებად პერიოდულ სამეცნიერო-ტექნიკურ ჟურნალებში (მათ შორის საერთაშორისო დონის) გამოქვეყნებულია 12 სამეცნიერო ნაშრომი.

აპრობაცია. სადოქტორო სადისერტაციო ნაშრომში მიღებული კვლევის შედეგები მოხსენებულია 4 საერთაშორისო, 2 რესპუბლიკურ და ადგილობრივ შიგასაუნივერსიტეტო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე:

- IV International Conference on OPTOELECTRONIC INFORMATION TECHNOLOGIES ODS – 2008, Ukraine, Vinnisia, VNTU September 30 – October 2, 2008;
- V International Conference on Optoelectronic Information Technologies “PHOTONICS – ODS 2010”, Ukraine, Vinnisia, VNTU September 28-30, 2010;

- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე “ინფორმაციული ტექნოლოგიები - 2008”, თბილისი, საქართველო, 27-28 ივნისი, 2008;
- საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე “საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მართვა, მოდელირება”, საქართველო, თბილისი, 1-4 ნოემბერი, 2010;
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 76 და 77 ღია სამეცნიერო ტექნიკურ კონფერენციაზე, თბილისი, 2008 – 2009 წწ.

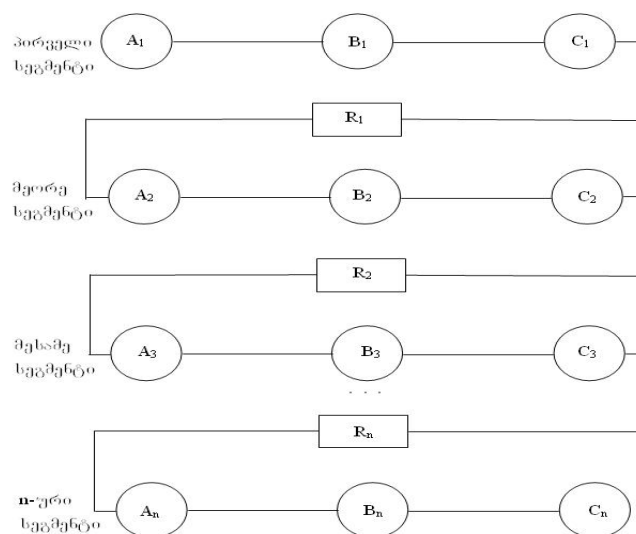
ნაშრომის სტრუქტურა. სადოქტორო სადისერტაციო ნაშრომი ინსტრუქციის შესაბამისად შეიცავს კომპიუტერზე შესრულებულ A4 ფორმატის (297x210მმ) ნაბეჭდ 153 გვერდს. იგი შედგება შესავლის, 6 თავის, დასკვნებისა და 84 დასახელების (მათ შორის 12 დასახელების ავტორის მონაწილეობით) გამოყენებული ლიტერატურის სიისაგან.

ნამუშევრის შინაარსი

შესავალში დახასიათებულია კვლევის ძირითადი სფერო, ზოგადი ფორმით მოცემულია ნაშრომში ჩატარებული კვლევის პრობლემატიკა, ფორმულირებულია საკვლევი ამოცანების მიზანი, მათი სპეციფიკა და აქტუალურობა, აღნიშნულია სამეცნიერო სიახლეები და პრაქტიკული ღირებულება.

პირველ თავში გაანალიზებულია კომპიუტერული ქსელის ოპტიკურ – ბოჭკოვან არხებში ქსელის პიკური დატვირთვებისას წარმოქმნილი ჭარბი კლიენტ – სერვერული პაკეტების გადაცემა – მიღების პროცესების მართვის პრობლემები. აღნიშნულია საკომუტაციო მოწყობილობების მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნის მიზეზები და თანმდები პრობლემების გავლენა დიდი სიმრავლის პაკეტების კორექტულ გადაცემებზე. აღნიშნულია ოპტიკურ – ბოჭკოვანი კავშირის ხაზებში ჭარბი პაკეტების კონტროლისა და მათი გადაცემების დღეისათვის არსებული მეთოდების ნაკლოვანი მხარეები. ხაზგასმულია ამ ნაკლოვანი მხარეების აღმოსაფხვრელად ტრაფიკის სიჭარბის მარეგულირებელი სპეციალიზატორის შემუშავების მნიშვნელობა თანამედროვე კომპიუტერული ქსელური სისტემების მუშაობის ეფექტურობის გასაზრდელად. აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით ამავე თავის ბოლო პარაგრაფში მოცემულია ამგვარი ანალიზატორის შესაქმნელად საჭირო კონკრეტული ამოცანების ჩამონათვალი.

მაგალითის სახით განხილულია ქსელის დაშორებულ ჰოსტებს შორის კავშირის საღტური (მაგისტრალური) სტრუქტურის მარტივი ფრაგმენტი



ნახ.1.3.1. საკომუტაციო კვანძების განლაგება კომპიუტერულ ქსელში

იგი შედგება ერთმანეთთან $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$ რეპიტერებით დაკავშირებული R სეგმენტებისაგან, თითოეულ სეგმენტზე განლაგებული 3 A_i, B_i, C_i საკომუტაციო კვანძით.

ამ ნახაზზე $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ და $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – წარმოადგენენ ქსელის სეგმენტების პოსტის კვანძებს, ხოლო $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ – ქსელის შუალედურ (სატრანზიტო) საკომუტაციო კვანძებს.

ნაშრომში გამოყვანილია პაკეტების ჩაბარების დროითი ხანგძლიობების გამოსათვლელი ანალიზური გამოსახულება

$$T_{\text{ჩაბ } N_K}^N = \sum_{i=1}^N L_K \left(\frac{1}{V_{\min}} + \frac{1}{N_K V_{\max}} \right),$$

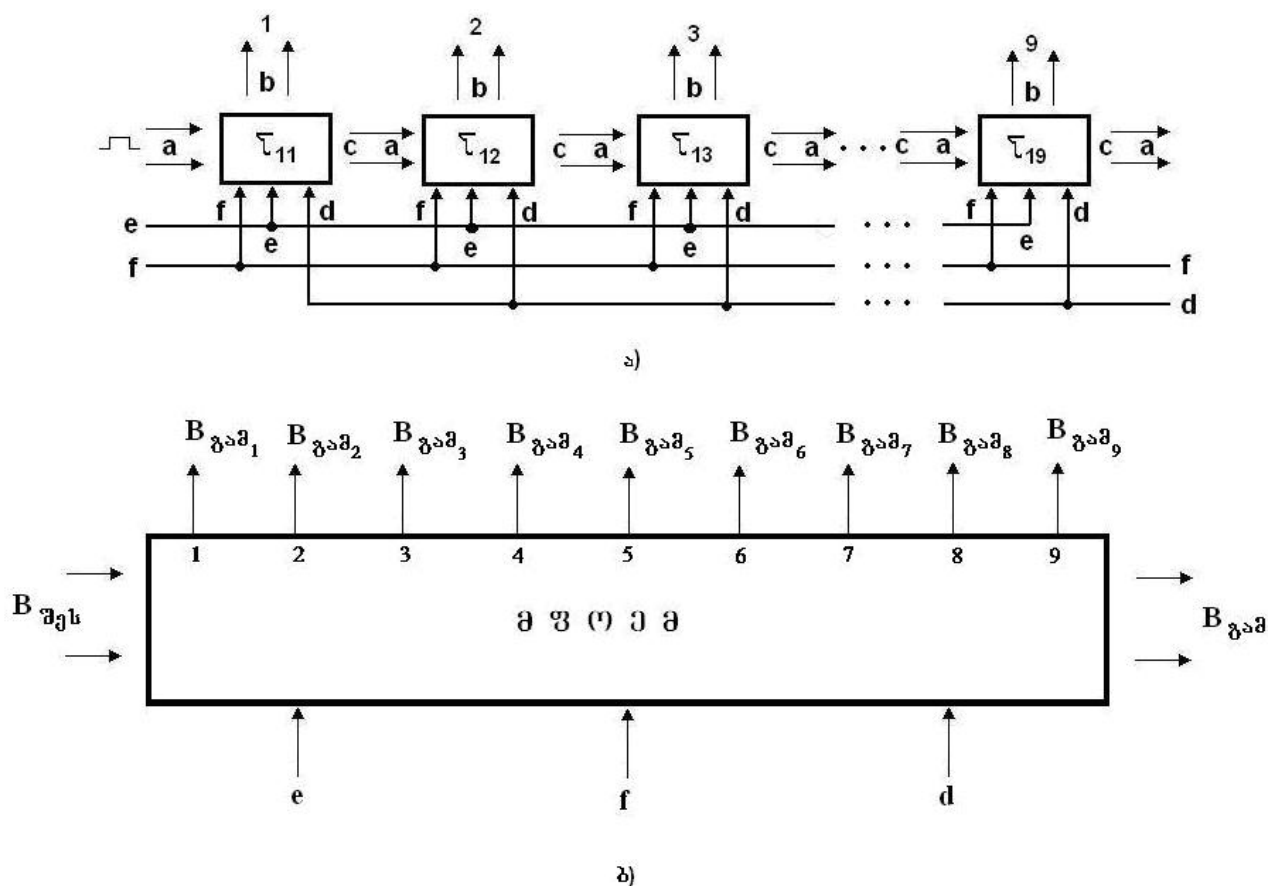
სადაც N -ქსელის სტრუქტურაში შემავალი სატრანზიტო არხების რაოდენობაა A_1 პუნქტიდან C_n პუნქტამდე მარშრუტის გზაზე.

მეორე თავში მოცემულია კომპიუტერული ქსელის ანალიზატორების მოკლე მიმოხილვა. ფორმულირებულია ოპტოელექტრონული სპეცანალიზატორის შემუშავების იდეა და მისი განხორციელების შესაძლებლობები სწრაფქმედ ოპტოელექტრონულ მეთოდებზე და სარეალიზაციო აპარატურულ საშუალებებზე. აღნიშნული თავის დასაწყისში მოცემულია კომპიუტერული ქსელის ანალიზატორის განმარტება, მისი დანიშნულება, სახესხვაობები და შესასრულებელი ფუნქციების მიმოხილვა. ამავე თავში მოცემულია ქსელის ოპტიკურ – ბოჭკოვან არხებში ჭარბი კლიენტ – სერვერული პაკეტების დროითი ხანგძლიობების ოპერატიული განსაზღვრის მეთოდის შემუშავებისა და მისი გამოყენების მიზანშეწონილობა. დახასიათებულია კომპიუტერული ქსელის სპეცანალიზატორის შემადგენლობა. ძირითადი კვანძების დანიშნულება. ოცემულია მათი ეფექტური რეალიზაციის შესაძლებლობები ოპტოელექტრონული მეთოდებისა და ტექნიკური მოწყობილობების გამოყენებით.

მესამე თავი ძირითადად დათმობილი აქვს სწრაფქმედი ანალიზატორის შემადგენელი ოპტოელექტრონული მოწყობილობების შემუშავებისათვის საჭირო საკითხების გამოკვლევას, კერძოდ, შემუშავებულია კომპიუტერული ქსელის ოპტიკურ – ბოჭკოვანი კავშირის ხაზებში ოპტიკური სიგნალების დროითი ხანგძლიობების გაზომვის მეთოდები ოპტოელექტრონული საშუალებების გამოყენებით. შემუშავებულია ოპტიკური სიგნალების შეკრების მეთოდებისა და მათი სარეალიზაციო ოპტოელექტრონული ამჯამავე სპეცანალიზატორში ჭარბი პაკეტების ჯამური დროითი ხანგძლიობების გამომთვლელი მოწყობილობი-

სათვის. შემუშავებულია ანალიზატორის შემადგენლობაში შემავალი სამრავლი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა, რომელშიც გამოყენებულია ოპტოელექტრონული ათობითი რეგისტრული მოდულები.

ნახ.3.1.1-ზე ნაჩვენებია ოპტოელექტრონული მოდულის ერთ-ერთი ვარიანტი.

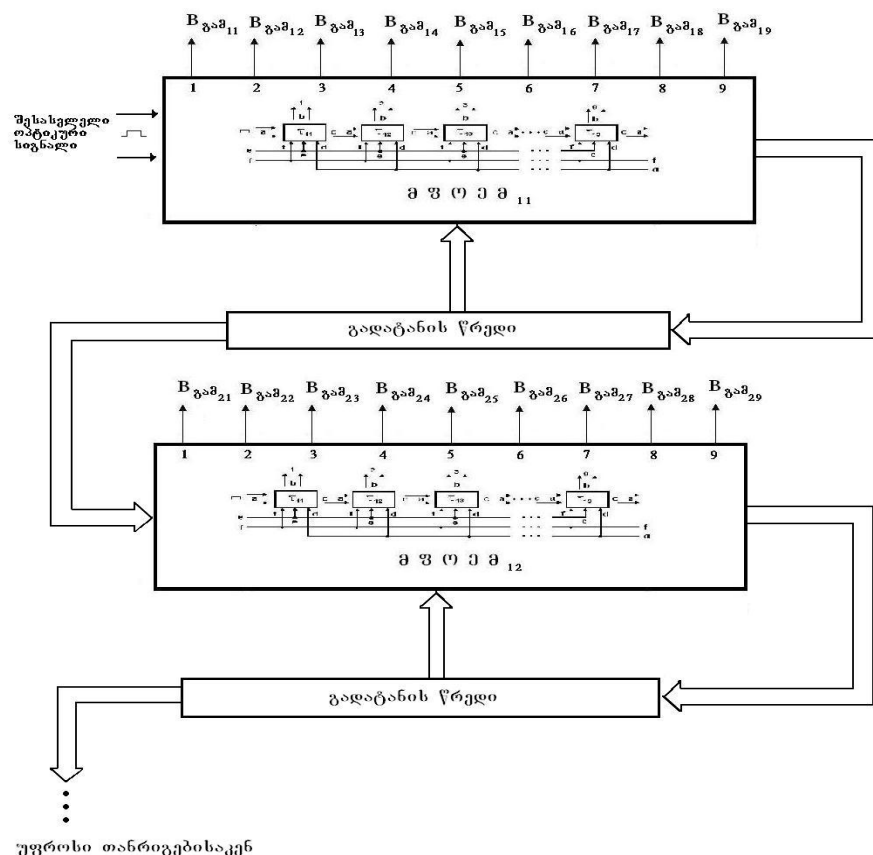


ნახ.3.1.1. ანალიზატორის აპარატურის მრავალფუნქციონალური ოპტოელექტრონული მოდული

ნახ.3.1.1-ზე გამოსახული მოდული რეალიზებულია არაკოჰერენტული ოპტიკური სიგნალების გარდაქმნა-შენახვა – ინდიკაციის პრინციპებზე (რომლებიც მოძრაობენ ოპტიკურ-ბოჭკოვან ხაზებში), დაფუძნებული რეგენერაციულ რეჟიმში მომუშავე ოპტრონების ერთობლიობაზე. აღნიშნული ოპტრონები (OP_1, OP_2, \dots, OP_9) გაერთიანებულია მშოშმ-ის სახით, რომელიც ოპერირებს ოპტიკური სიგნალების დროით ხანგძლიობებზე მათი დაფიქსირების მიზნით ათობით თვლის სისტემაში. იგი შედგება 9 ოპტრონისაგან (ათობით ციფრს “0”-ს იგი ასახავს როდესაც მოდულში შემავალი ყველა ოპტრონი არააგზნებულია, ე.ი. ნულოვან მდგომარეობაშია), ე.ი. “0”-ის მდგომარეობაშია, თუ ვიხმართ “ტრიგერებისათვის” დამახასიათებელ ტერმინებს, ხოლო აგზნებულ

მდგომარეობაში კი ეს ოპტრონი ასახავს “1”-ს. შესასვლელზე ოპტიკური სიგნალის არსებული დროითი ხანგძლიობა ქვანტირდება ასეთი სახის ოპტრონებით, რომლებიც აწარმოებს ოპტიკური სიგნალების გარდაქმნას დისკრეტულ ფორმაში. ასეთი სახის ოპტოელექტრონული მოდული წარმოადგენს სიგნალების დროითი ხანგძლივობების დისკრეტული ფორმით გარდაქმნელ (იმავე დროულად ამ ხანგძლივობების გამზომ) ფუნქციონალურ კვანძს. იგი წარმოადგენს საბაზო ელემენტს ოპტიკური სიგნალების დროითი ხანგძლივობების შემკრები, გამომკლები, სამრავლი და ა.შ. ოპტოელექტრონული მოწყობილობებისათვის, რომელთა აგების სტრუქტურული სახესხვაობები შემუშავებულია აღნიშნულ დისერტაციაში.

მრავალფუნქციონალური ოპტოელექტრონული მოდულების გამოყენებით აღნიშნულ პარაგრაფში შევიმუშაოთ დამგროვებელი ამჯამავის ერთ-ერთი ვარიანტი, რომლებიც მოახდენენ (საჭიროების შემთხვევაში) ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგძლივობების მიმდევრობით (ნახ. 3.2.1 ვარიანტი) ან პარალელურ შეკრებას.

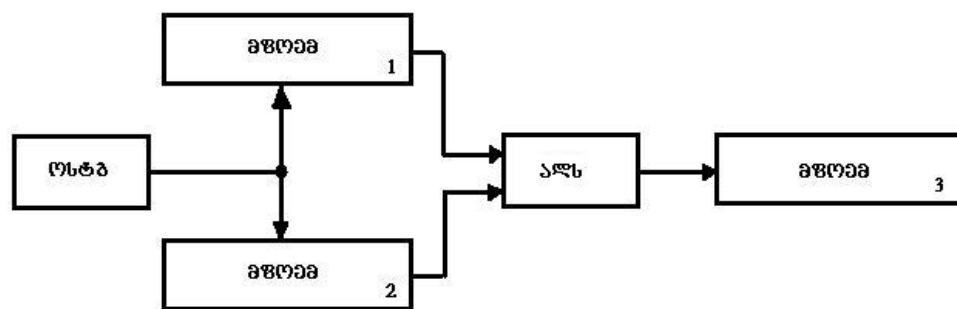


ნახ.3.2.1. ოპტიკური სიგნალების დროითი ხანგძლივობების მიმდევრობითი ამჯამავი

აღნიშნულ ამჯამავეზე შესასვლელი სიგნალის დროითი ხანგძლიობა მიეწოდება პირველი მოდულის შესასვლელზე. ეს ხანგძლიობა ფიქსირდება მოდულში შემავალი 1-9 ოპტრონებით. პირველი მოდულის შევსების დროს გადატანის წრედის დახმარებით დროით ხანგძლიობებს აფიქსირებს მეორე მოდული და ა.შ.

მეთხე თავში შემუშავებულია ჭარბი კლიენტ-სერვერული პაკეტების დეიტაგრამების მატარებელი ოპტიკური სიგნალების დროითი ხანგძლიობების ურთიერთშედარების მეთოდები და საშუალებები ათობით თვლის სისტემაში მომუშავე ოპტოელექტრონული რეგისტრული მოდულების გამოყენებით. შემუშავებულია აგრეთვე ქსელის გადატვირთვისას მის სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძებში დაგროვილი პაკეტების შეყოვნების ჯამური ხანგძლიობების ეფექტური განსაზღვრის მეთოდი, ასევე სპეცანალიზატორის დახმარებით ჭარბი პაკეტების კომუტატორის მეხსიერების ბუფერში განთავსებისა და კვანძის გამოსასვლელ პორტებზე გაცემის ეფექტური სარეალიზაციო ღონისძიებები მათი დროითი ხანგძლიობების პარამეტრების გათვალისწინებით.

ნახ.4.1.5-ზე ნაჩვენებია პაკეტების დროითი ხანგძლიობების შემადარებელი მოწყობილობა, აგებული მრავალფუნქციონალურ ოპტოელექტრონულ მოდულზე (მშომმ), მუშაობს შემდეგი სტრუქტურული სქემის მიხედვით.

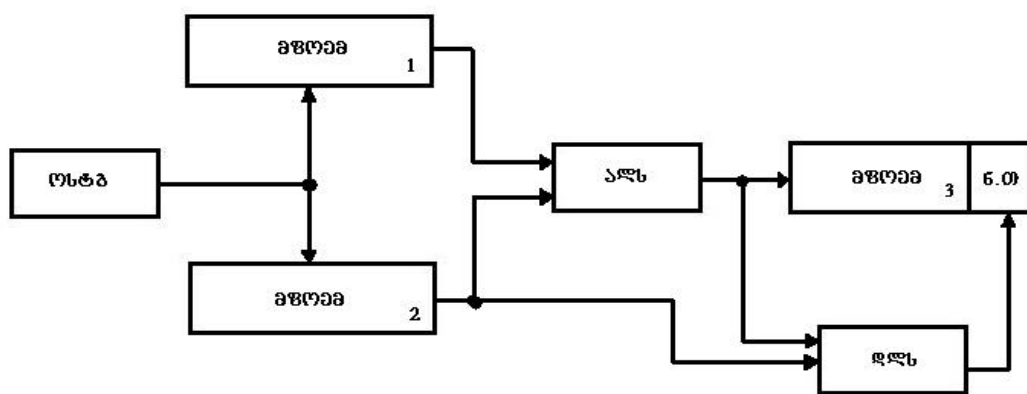


ნახ. 4.1.5. პაკეტების დროითი ხანგძლიობების შემადარებელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

იგი შედგება ორი მშომმ – ისაგან სადაც ჩაიწერება პაკეტების ერთმანეთთან შესადარებელი დროითი ხანგძლიობები; ოტსბ – ოპტიკური ტაქტური სიგნალების გენერატორი, რომელიც აწარმოებს მშომმ – ებში შემავალი ერთსახელა თანრიგების შედარების სინქრონიზაციას, მშომმ1-ში და მშომმ2-ში შემავალი თანრიგების შედარების, სიდიდეებს შორის არ დამთხვევის ლოგიკური სქემა ალს, რომელიც მუშაობს ჭეშმარიტობის ცხრ. 4.1.3-ის მიხედვით და

მშომმ3 –გან, რომელიც აფიქსირებს პაკეტების დროითი ხანგძლიობებს შორის სხვაობას (მასში “აღიგზნება” იმდენი რაოდენობის ოპტრონები, რა რაოდენობითაც განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან შესადარებელი სიდიდეები).

ზემოთხსენებულის გარდა ანალიზატორმა უნდა შეძლოს განსაზღვროს მშომმ1 და მშომმ2–ში ჩაწერილ რიცხვებს შორის რომელია მეტი ან ნაკლები და რა რაოდენობით. ამისათვის ნახ.4.1.5-ზე მოცემულ სტრუქტურაში უნდა მოვახდინოთ უმნიშვნელო ცვლილება, კერძოდ მშომმ3–ში შევიტანოთ ნიშნის თანრიგიც – 60), ასევე დამატებითი ლოგიკური სქემა – სიდიდეებს შორის დამთხვევის სქემა – ღლს. სტრუქტურული სქემის აღნიშნული სახეცვლილება ნაჩვენებია ნახ.4.1.6-ზე.



ნახ.4.1.6. პაკეტის დროითი ხანგძლიობების სხვაობის გამომთვლელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

აღნიშნული ნახ.4.1.6. სქემის მიხედვით, თუ კი მშომმ3–ის ნიშნის თანრიგი 60) “აგზნებულია” (ე.ი. ოპტრონი “განათებულია”), მაშინ ეს მიუთითებს იმაზე, რომ მშომმ1–ში ჩაწერილი რიცხვი (პირველი პაკეტის დროითი ხანგძლიობა) ნაკლებია მშომმ2–ში ჩაწერილ რიცხვზე (მეორე პაკეტის დროით ხანგძლიობაზე).

ანალიზატორში დროითი ხანგძლიობების შემადარებელი მოწყობილობის ზემოთგანხილული სქემების გარდა, შესაძლებელია სქემური გადაწყვეტების სხვა ვარიანტებიც.

სპეცანალიზატორის დახმარებით ჯამური ხანგძლიობების გამომთვლელ მოწყობილობაში გამოიყენება ოპტრონებზე აგებული რეგისტრები წინა, მე-3 თავში განხილული მოქმედებების (როგორცაა ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგძლიობების გაზომვა, მათი ერთმანეთთან შედარება (§4.1) და უმცირესი

ხანგძლიობის პაკეტის გამოყოფა შესაკრებების სიმრავლიდან, გამრავლება, გამოკლება, დაგროვება (ამჯამავში) და ა.შ) სარეალიზაციოდ.

აღიშნული მოწყობილობა (ნახ.4.2.1) გამოირჩევა იმით, რომ პაკეტების დროითი ხანგძლიობების ამსახველი სიდიდეები შეიძლება მოცემული იქნეს უწყვეტი ან დისკრეტული ფორმებით (დროითი ხანგძლიობის ციფრულ (დისკრეტულ) ფორმაში გარდაქმნას ანხორციელებს წარმოდგენილი ნაშრომის წინა მე-3 თავის §3.2 და §3.2-ში განხილული ოპტოელექტრონული მოწყობილობები).

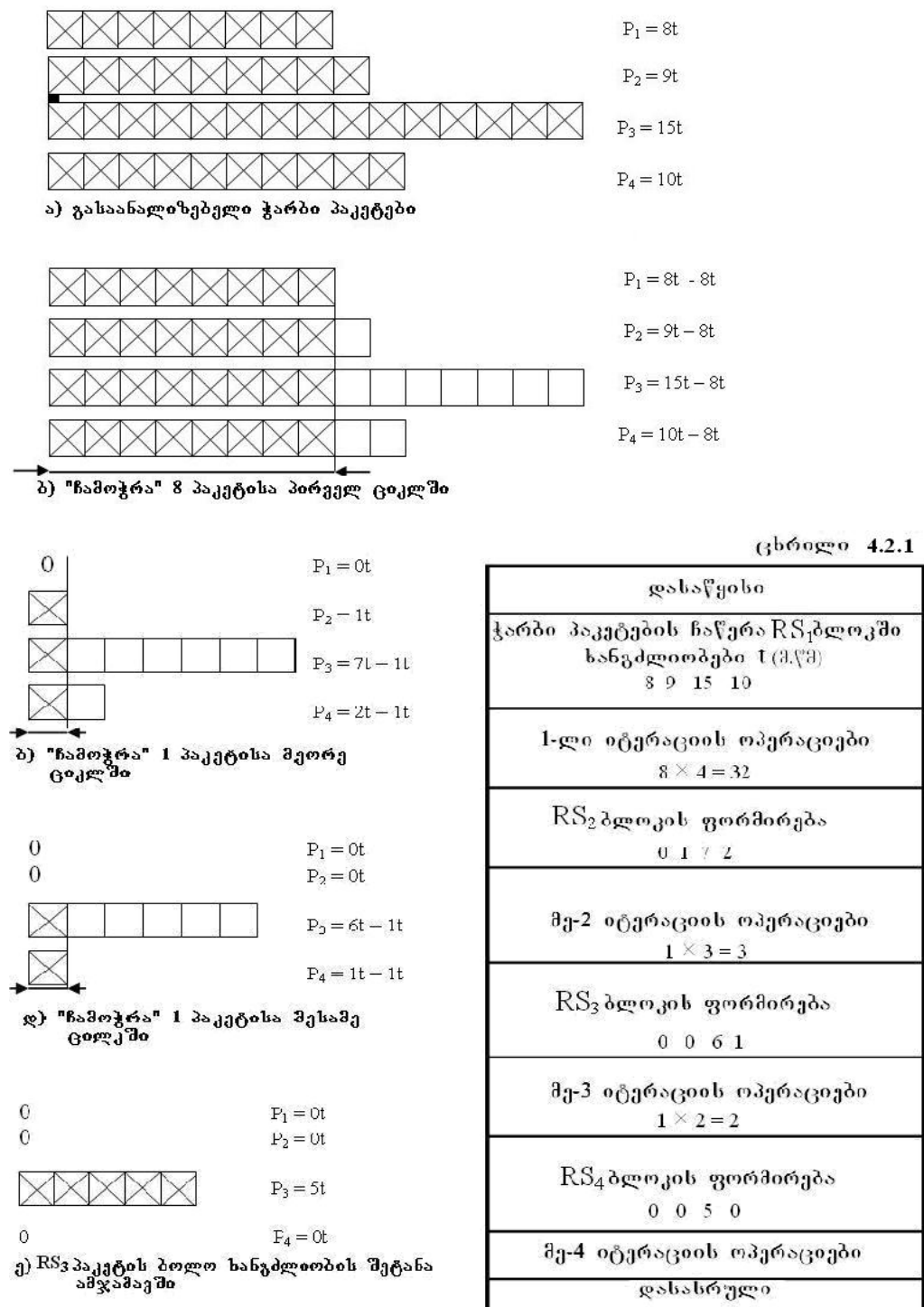
ასეთი ანალიზატორის ოპერაციული სისტემის აპარატურული ნაწილი შეიცავს ოპტოელექტრონულ ბლოკებს RS_1, RS_2, \dots, RS_n , სადაც რეგისტრების ოპტონებით ფიქსირდება ჭარბი პაკეტების ყველა პარამეტრიც, რომლებსაც გააჩნიათ დროის ხანგძლიობის სხვადასხვა მნიშვნელობები. ჭარბი პაკეტების საწყისი სიმრავლის დროითი ხანგძლიობების სიდიდეები აისახება RS_1 ბლოკის ოპტოელექტრონულ რეგისტრებზე. აღვნიშნოთ ისინი შესაბამისად $RS_{11}, RS_{12}, \dots, RS_{1n}$, რეგისტრებად. პარაგრაფ §4.1-ში შემუშავებული შედარების მეთოდით ანალიზატორის ოპტოელექტრონული პროცესორის მიერ შეირჩევა პაკეტი, რომელსაც გააჩნია ყველაზე მოკლე ხანგძლიობა. სამრავლ მოწყობილობაში (§3.3) ეს მნიშვნელობა, ე.ი. უმცირესი ხანგძლიობის მნიშვნელობა, მრავლდება კომპუტატორის შესასვლელ ინტერფეისზე დაგროვილი პაკეტების საერთო რაოდენობაზე, რომლებიც შედიან სიმრავლეში (და იგი დაფიქსირებულია RS_1 ბლოკში). მიღებული ნამრავლის მნიშვნელობა პირველი შესაკრების სახით მიეწოდება ამ ანალიზატორის დროითი ხანგძლიობების დამგროვებელ (შემკრებ) ოპტოელექტრონულ ამჯამავს (§3.2). ამ პროცედურებით მთავრდება იტერაციის პირველი ციკლი.

პროცედურების მეორე ციკლის საწარმოებლად ფორმირდება RS_2 ბლოკის შემცველობა. ამ მიზნისათვის ის პაკეტები, რომლებსაც გააჩნიათ უმცირესი ხანგძლიობა, “ჩამოეჭრება” RS_1 ბლოკის პაკეტების სიმრავლეს, ე.ი. ფაქტიურად სწარმოებს ხანგძლიობების გამოკლების ოპერაცია (გრაფიკულად ისინი “ჩამოიჭრებიან” ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია ნახ.4.2.2-ზე ნაჩვენებ მაგალითზე). “ჩამოჭრის” შემდეგ დარჩენილი პაკეტების დროითი ხანგძლიობები RS_1 ბლოკიდან გადაიწერება RS_2 ბლოკში, ე.ი. ფორმირდება პაკეტების ახალი სიმრავლე. ამ პაკეტების ხანგძლიობები ფიქსირდება ამ ბლოკში შემავალი ოპტოელექტრონული $RS_{21}, RS_{22}, \dots, RS_{2n}$, რეგისტრებით. ბუნებრივია, “ჩამოჭრის” შედეგად (ფაქტიურად ხანგძლიობების გამოკლების შედეგად), პაკეტების

რაოდენობა, რომლებიც იმყოფებოდნენ პირველ RS_1 ბლოკში, შემცირდება. შედეგად RS_2 ბლოკში დარჩება ცარიელი ადგილები (ნახ.4.2.2-ზე ისინი ნაჩვენებია 0-ებით). შემდეგ, იტერაციის მეორე ციკლში ყველა ზემოთხსენებული პროცედურები მეორდება, ე.ი. პაკეტების ახალი სიმრავლიდან მეორე RS_2 ბლოკში ანალიზატორის პროცესორის მიერ კვლავ შეირჩევა ისეთი ჭარბი პაკეტი (პაკეტები), რომელსაც ამ ახალ სიმრავლეში გააჩნია ყველაზე მოკლე ზომა, ანუ არსებულთაგან ყველაზე უმცირესი დროითი ხანგრძლივობა. ეს მნიშვნელობა მრავლდება RS_2 ბლოკში არსებული პაკეტების საერთო რაოდენობაზე და მიღებული ნამრავლი მეორე შესაკრების სახით დაემატება დამგროვებელ ამჯამავში მყოფ რიცხვს და ა.შ. მსგავსი იტერაციები, უფრო ზუსტად შემდგომი იტერაციების პროცედურები (ზემოთ ეს პროცედურები ნახსენები იყო როგორც მოქმედებები) გრძელდება მანამდე, სანამ არ დაფიქსირდება ბოლო ჭარბი პაკეტი (RS_n ბლოკში), რომლის ხანგრძლიობის აღმნიშვნელი სიდიდე მრავლდება RS_n ბლოკში დარჩენილი პაკეტების რაოდენობაზე, ე.ი. მრავლდება (სიმბოლურად) 1-ზე და ბოლო შესაკრების სახით დაემატება გასაანალიზებელი პაკეტების დროითი ხანგრძლიობების დამგროვებელში არსებულ ბოლო ჯამს. მიღებული სიდიდე (ე.ი. საბოლოო ჯამი) ამ დამგროვებელ ამჯამავის გამოსასვლელზე უჩვენებს ყველა იმ ჭარბი პაკეტების ჯამურ ხანგრძლიობას, რომლებიც კი დაგროვილი იყო სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძის შესასვლელ ინტერფეისზე და ამ მნიშვნელობის (სიდიდის) გათვალისწინებით ქსელური ანალიზატორი აწარმოებს ჭარბი ტრაფიკის მართვის (ე.ი. ჭარბი პაკეტების კომუტატორის ბუფერულ მექსიერებაში განთავსებისა და მათი გადაცემების მართვის შემდეგ ოპერაციებს). პირველ რიგში ანალიზატორი განსაზღვრავს ბუფერული მექსიერების შესაბამის (საჭირო) მოცულობას ასეთი პაკეტების განთავსებისათვის, რომლებიც კი დაგროვდა პიკური დროის მომენტებში და მათგან ოპტიმალურად აფორმირებს (ე.ი. ბუფერში მოთავსებული პაკეტებისაგან) მართვად რიგებს კომუტატორიდან მათ გასაცემად გამოსასვლელ პორტებზე სხვადასხვა პრიორიტეტული კოეფიციენტების მხედველობაში მიღებით (იხ. §5.2). აღნიშნული პრიორიტეტული კოეფიციენტების ციკლური გამოკითხვის შედეგად დგინდება იმ პაკეტების რიგითობა, რომლებიც თანამიმდევრობით უნდა გაიცნენ სატრანზიტო კვანძის გამოსასვლელი ინტერფეისით გამოსასვლელ პორტებთან მიერთებულ ოპტიკურ-ბოჭკოვანი არხებით ჰოსტის კომპიუტერზე ან სხვა სატრანზიტო კვანძებთან დასაკავშირებლად.

განხილული ოპტოელექტრონული ანალიზატორის მუშაობის ილუსტრაცია ნაჩვენებია ნახ.4.2.2-ზე და ცხრ.4.2.1-ზე. მისი მუშაობა ავსხნათ უფრო დეტალურად

შემდეგ კონკრეტულ მაგალითზე [56].



ნახ. 4.2.2 ოპტოელექტრონული ანალიზატორის მუშაობის ილუსტრირება

დაუშვათ, რომ სატრანზიტო კომპუტატორის შემავალ პორტებზე დროის რაღაც პიკურ მომენტში მიეწოდა (დაგროვდა) 4 ჭარბი პაკეტი. თვალსაჩინოებისათვის ამ მაგალითში შერჩეულია მხოლოდ 4 პაკეტი, რომლებსაც გააჩნიათ განსხვავებული ზომები. რეალურ პირობებში მათი რაოდენობა შეიძლება იყოს ნებისმიერი, ანუ ქსელის მუშაობის პიკის საათებში შეიძლება დაგროვდეს ათასობით და უფრო მეტი ჭარბი პაკეტები. განხილულ მაგალითში საწყის პაკეტებს ანალიზისათვის გააჩნიათ t – ხანგძლიობა (გაზომილი მაგალითად მკ/წმ-ში): შესაბამისად პირველ პაკეტს გააჩნია ხანგძლიობა 8 t, მე-2 პაკეტს – 9 t, მე-3 პაკეტს – 15 t, მე-4 პაკეტს – 10 t. ცხრ.4.2.1-დან ჩანს, რომ ანალიზატორის RS_1 ბლოკში იმყოფება 4 პაკეტი სხვადასხვა დროითი ხანგძლიობებით ზემოთნაჩვენები ციფრებით (ე.ი. 8, 9, 15, 10 იხ. ახ.4.8 ა), რომელზეც გამოხატული თითოეული კვადრატი ამ შემთხვევაში აღნიშნავს t – ხანგძლიობას. ამ პაკეტებისათვის მათი ჯამური დროითი ხანგძლიობისათვის განსაზღვრის შემუშავებული მეთოდის თანახმად ანალიზატორი შეირჩევს პაკეტს, რომელსაც გააჩნია ყველაზე მცირე ხანგძლიობა, ე.ი. შეირჩევა პირველი პაკეტი, დროითი ხანგძლიობით $X_{\min}t=8$. ეს სიდიდე (8) ანალიზატორის სამრავლს მოწყობილობაში (§3.3) RS_1 ბლოკში მეოფი პაკეტების საერთო რაოდენობაზე, ე.ი. 4-ზე და სამრავლ მოწყობილობაში ფორმირდება $8 \times 4 = 32$. ეს მნიშვნელობა (32) პირველი შესაკრების სახით შეიტანება დამგროვებელ ამჯამავში, სადაც ფიქსირდება მისი საწყისი შემცველობა 32. შემდეგ ანალიზატორის მიერ RS_1 ბლოკში მეოფ პაკეტებს “ჩამოეჭრება” $X_{\min}t$ (ნახ.4.2.2 ა) და ამ პროცედურის შემდეგ (როგორც აღვნიშნეთ ფაქტიურად “ჩამოჭრა” – გამოკლების ტოლფასი პროცედურაა) RS_1 ბლოკში დარჩება 3 პაკეტი (იხ. ნახ.4.2.2 ა-ზე ცარიელი უჯრედები), შესაბამისად ხანგძლიობებით: $X_{\min}=1$ (მე-2 პაკეტი), $X_{\min}=7$ (მე-3 პაკეტი) და $X_{\min}=2$ (მე-4 პაკეტი). ეს 3 პაკეტი გადაიწერება RS_2 ბლოკის რეგისტრებზე, რომელთა ოპტოელექტრონული $RS_{21}, RS_{22}, \dots, RS_{2n}$, უჯრედებით (ოპტრონების რაოდენობით) ფიქსირდება მათი ხანგძლიობა. ამის შემდეგ რეალიზდება იტერაციის შემდეგი (მეორე) ეტაპი, სადაც ყველა პროცედურა, რომლებიც კი განხორციელებული იქნენ პირველ ეტაპზე მეორდება, ე.ი. RS_2 – ში (იხ. ნახ.4.2.2 ბ) ხელახლა შეირჩევა ისეთი პაკეტი, რომელსაც გააჩნია დროითი ხანგძლიობის უმცირესი მნიშვნელობა $X_{\min}=1$. ანალიზატორი სამრავლ მოწყობილობაში ეს მნიშვნელობა მრავლდება პაკეტების საერთო რაოდენობაზე (ჩვენს მაგალითში მათი რიცხვი გახდა უკვე 3), ე.ი. $1 \times 3 = 3$. ეს რიცხვი (3) მეორე შესაკრების სახით დაემატება დამგროვებელ ამჯამავში უკვე მეოფ რიცხვს 32-ს.

შედგებად მასში მიიღება ხანგძლიობების მიმდინარე ჯამი $32+3=35t$. შემდეგ ამ 3 პაკეტს “ჩამოეჭრება” პაკეტი, რომელსაც გააჩნია $X_{\min}=1$ (იხ. ნახ.4.2.2 ბ), რის შემდეგაც ფორმირდება ახალი RS_3 ბლოკის შემცველობა, სადაც უკვე დარჩება 2 ჭარბი პაკეტი (ე.ი. მე-3 პაკეტი $6t$ ხანგძლიობით და მე-4 პაკეტი ხანგძლიობით $1t$). ამის შემდეგ სრულდება იტერაციის მე-3 ციკლი, წინა ციკლების მსგავსი თავისი აუცილებელი პროცედურებით, ე.ი. ამ ორი პაკეტიდან შეირჩევა მე-4 პაკეტი, რომლის მინიმალური ხანგძლიობა ტოლია $X_{\min t}=1$. სამრავლ მოწყობილობაში იგი მრავლდება RS_3 ბლოკში მეოფი (დარჩენილი) პაკეტების საერთო რაოდენობაზე, ე.ი. $1 \times 2=2$ და ეს სიდიდე (ე.ი. რიცხვი 2) მე-3 შეკრების სახით დაემატება დამგროვებელ ამჯამაგში მეოფ 35 რიცხვს, ხოლო დანარჩენ პაკეტებს “ჩამოეჭრება” პაკეტი, რომლის ხანგძლიობაა $X_{\min t}=1$ (იხ. ნახ.4.2.2 გ). ამ ოპერაციის შემდეგ ფორმირდება მორიგი, ახალი RS_4 ბლოკის შემცველობა. მასში იმყოფება მხოლოდ 1 პაკეტი, ე.ი. მხოლოდ მე-3 პაკეტი, რომლის ხანგძლიობაა $X_{\min t}=5$ (ვინაიდან საწყისი ჭარბი პაკეტებიდან მას ჰქონდა ხანგძლიობის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა – $15t$). ანალიზატორის სამრავლ მოწყობილობაში ფორმირდება სამრავლი $5 \times 1=5$ და ვინაიდან RS_4 ბლოკში უკვე აღარ დარჩა ჭარბი დეიტაგრამები, ეს სიდიდე (ე.ი. რიცხვი 5) მე-4 შესაკრების სახით დაემატება დამგროვებელ ამჯამავს, უფრო ზუსტად, დაემატება მასში უკვე მანამდე ფორმირებულ ჯამს (ე.ი. $37+5$) და მის გამოსასვლელზე წარმოიქმნება ყველა იმ ჭარბი პაკეტების ჯამური ხანგძლიობა, რომლებიც კი მიწოდებული (დაგროვილი) იქნენ კომპიუტერული ქსელის სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძის შესასვლელ ინტერფეისზე $t_{\Sigma}=32+3+2+5=42$, რომელიც ტოლია გასაანალიზებელი იმ ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგძლიობების ჯამისა, რომლებიც კი მოთავსებული იქნენ საწყის RS_1 ბლოკში (ჩვენს მაგალითში ასეთი ჭარბი პაკეტების რაოდენობა იყო 4), ე.ი. იგი ფაქტიურად ტოლია იმ ჭარბი პაკეტების ხანგძლიობების ჯამისა, რომლებიც კი ქსელის მუშაობისას დროის პიკურ მომენტში გააჩნდა მათ სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძის ინტერფეისში დაგროვებისას: $8+9+15+10=42$, ე.ი. $t_{\Sigma}=32+3+2+5=42$, რომლის მიხედვითაც ანალიზატორით განისაზღვრება რამდენ ხანს იქნებიან შეყოვნებული (მოთავსებული) ჭარბი პაკეტები ბუფერულ მეხსიერებაში, სანამ ისინი არ დამუშავდებიან პრიორიტეტული ნიშნების მიხედვით და არ დალაგდებიან ისინი გამოსასვლელი ინტერფეისის პორტებზე გასაცემად ანალიზატორის მიერ ფორმირებულ რიგში, რის შემდეგაც რიგრიგობით გადაიცემა ეს პაკეტები სხვა სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძებისაკენ, ან ჰოსტის მიმღები კომპიუტერისაკენ

(ქსელის მიმღები სადგურისაკენ). ამის შესაბამისად ანალიზატორი განსაზღვრავს ბუფერული მეხსიერების რამდენი მოცულობაა საჭირო დროის ამ პიკური მომენტისათვის ამ ჭარბი პაკეტების დროებით (მოკლევადიანი) განლაგებისათვის.

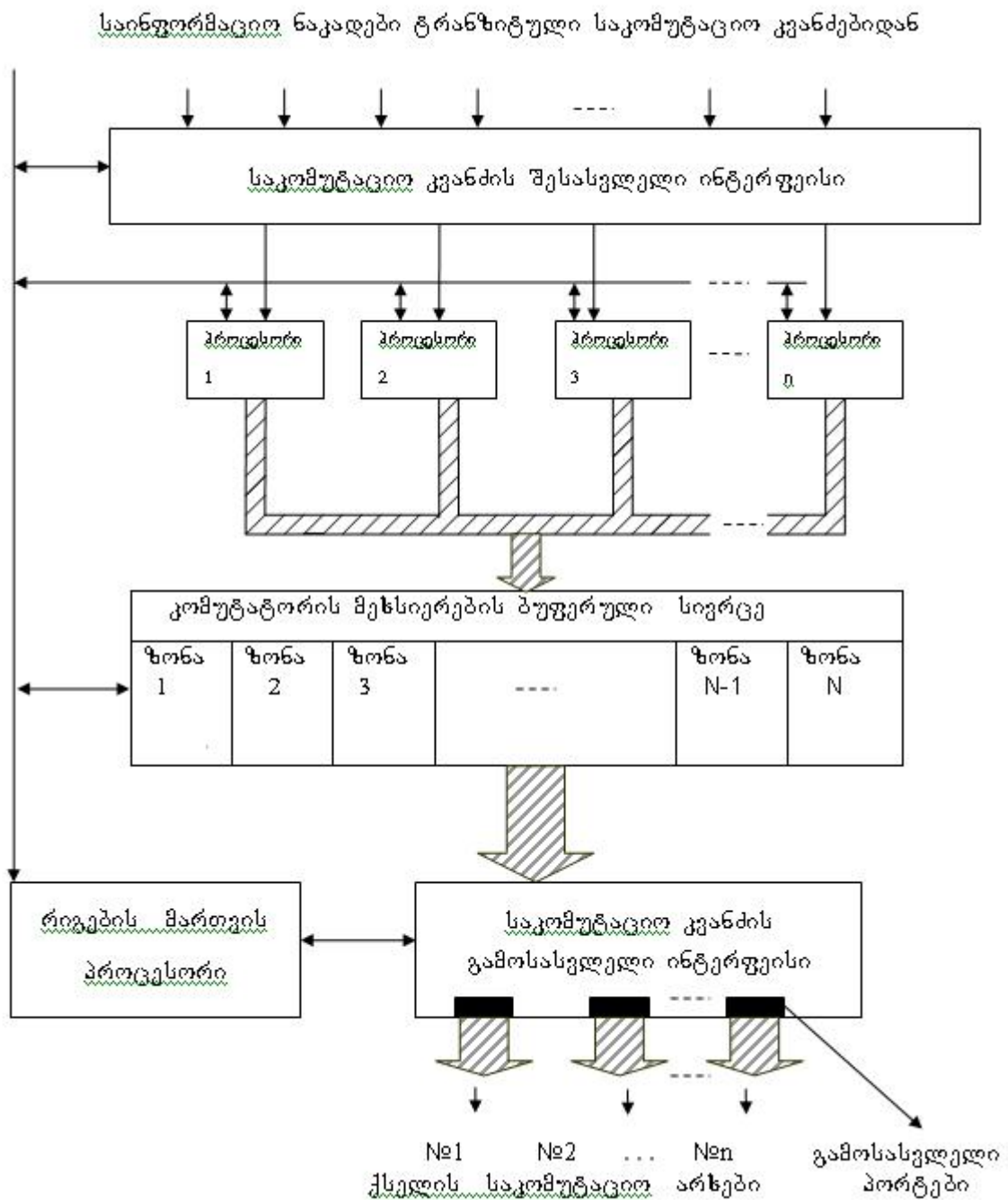
მეხუთე თავში შემუშავებულია პიკის საათებში დაგროვილი ჭარბი კლიენტ-სერვერული პაკეტების საკომუტაციო კვანძიდან ქსელის არხებში გადაცემის რეგულირების ეფექტური ალგორითმები. კერძოდ, შემუშავებულია კვანძის ბუფერული მეხსიერების გაერთიანებული სივრცის შექმნისა და შემდგომში მისი პრიორიტეტულ ზონებად დაყოფის მეთოდი ჭარბი პაკეტების დროებითი განთავსების მიზნით. შემოთავაზებულია კომპიუტერული ქსელის არხებში გადასაცემა ჭარბი პაკეტების წონითი კოეფიციენტების შემოღებისა და ანალიზატორის მიერ მათი ციკლური გამოკითხვის მეთოდი. ამავე თავის დასასრულს შემუშავებულია სპეციალიზატორის მიერ ჭარბი პაკეტების სატრანზიტო კვანძის გამოსასვლელ პორტებზე გაცემის რიგიულობის რეგულირების ეფექტური ალგორითმები.

ნახ.5.1.1-ზე საკომუტაციო კვანძის პროცესორები 1,2,3, . . . n თავიანთი ფუნქციონირების შინაარსის მიხედვით წარმოადგენენ ერთგვარ ფილტრებს, რომლებიც სხვა საჭირო ფუნქციებთან ერთად, როგორცაა სატრანზიტო კვანძში შემავალი პაკეტების მთლიანობის შემოწმება, მათში არსებული შეცდომების გამოვლენა (მაგალითად, საკონტროლო თანამიმდევრობაში), მარშრუტიზაციის ცხრილებზე თვალყურის დევნება და ა.შ., პრიორიტეტების მიხედვით (აღნიშნული საკითხი დამუშავებულია მომდევნო, §5.2 პარაგრაფში) ახარისხებენ ნაკადებში შემავალ პაკეტებს და ათავსებენ მათ მეხსიერების სხვადასხვა ზონებში, საიდანაც პაკეტების გაცემა კვანძის გამოსასვლელ პორტებზე სწარმოებს გარკვეული ერთობლიობის – მოდულების სახით.

თითოეული მოდული შეიცავს მეხსიერების ზონების ცალკეულ მონაკვეთებში პრიორიტეტული კოეფიციენტების მიხედვით ფორმირებულ რიგებს, რომელთა ციკლური გამოკითხვით (ეს მეთოდი დამუშავებულია ამავე თავის §5.3-ში) სწარმოებს სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძის გამოსასვლელ პორტებზე ჭარბი პაკეტების რიგიულობით გაცემა.

ანალიზატორის თითოეული პროცესორი (ნახ.5.1.1) 1,2,3, . . . , n ამოწმებს და აანალიზებს შემავალ ინტერფეისზე შემოსულ ჭარბ პაკეტებს პარალელურ რეჟიმში, ამასთან პრიორიტეტების განმსაზღვრელი ალგორითმით ფილტრავს

მათ და ანალიზატორის სპეციალური პროგრამით ათავსებს 1,2,3, . . . , N – მესხიერების ზონებში.



ნახ. 5.1.1 საკომუტაციო მულტიპროცესორული კვანძი ზონალურ მონაკვეთებად დაყოფილი ბუფერული მესხიერებით

ამავე თავში განხილულია ქსელის ანალიზატორის მეშვეობით სატრანზიტო – საკომუტაციო კვანძებში ჭარბი პაკეტებისაგან შემდგარი მართვადი რიგების აგების ამ ახალი მეთოდის არსი, ხაზი გავუსვით რა მისი გამოყენების მნიშვნელობას ტრაფიკის მაღალი ინტენსიობით პულსაციების დროს.

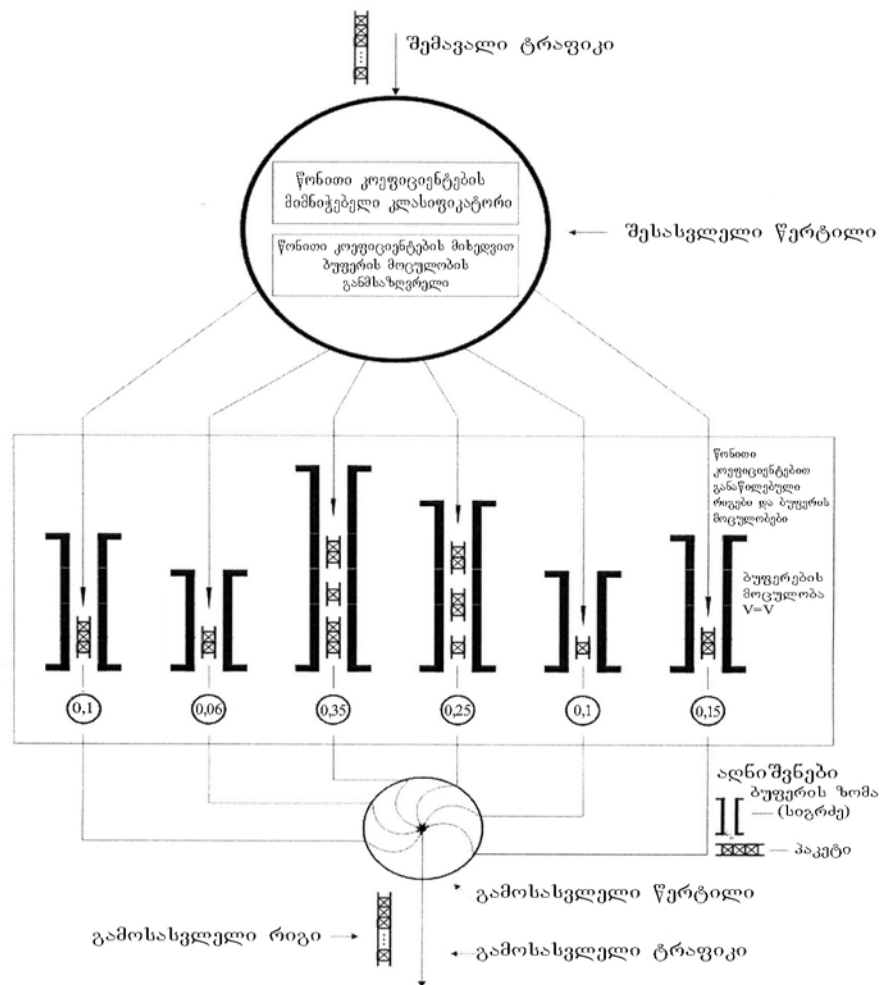
ამა თუ იმ კატეგორიის მოცემული კლასის წონაში (კოეფიციენტში) იგულისხმება გამტარუნარიანობის ის გარკვეული პროცენტი, რომელიც მიეცემა ტრაფიკის ამ კლასს იმ სრული გამტარუნარიანობიდან, რომელიც გააჩნია საკომუტაციო კვანძის გამოსასვლელ ინტერფეისს, ხოლო იმ ალგორითმს რომლის მიხედვითაც ანალიზატორის დახმარებით ქსელის ადმინისტრატორს შეუძლია ტრაფიკის (ჭარბი ტრაფიკის) რიგებს (უფრო კონკრეტულად რიგებში შემავალ ჭარბ პაკეტებს) გამოეყოს წონითი კოეფიციენტის ესა თუ ის მნიშვნელობა, ვუწოდოთ “მართვადი რიგის” ალგორითმი. თუ შევიძუშავებთ ისეთ ალგორითმებს, რომლებიც აღნიშნულ წონებს ანალიზატორის მომქმედი პროგრამით დაუნიშნავენ ავტომატურად ქსელის ადმინისტრატორის მიერ წინასწარ შემუშავებული რაღაც სტრატეგიის მიხედვით, მაშინ ასეთ ალგორითმებს შეიძლება ვუწოდოთ წონების მიხედვით მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების (ჭარბი პაკეტებისაგან შემდგარი ნაკადების) რაციონალურად მართვის ალგორითმები.

ანალიზატორის მიერ რეალიზებული ჭარბი პაკეტების განაწილების ამგვარი მეთოდის დროს, ტრაფიკის სიჭარბე შეიძლება დაიყოს რამოდენიმე კლასად და შესაბამისი წონითი კატეგორიით (წონითი კოეფიციენტებით) თითოეული კლასისათვის შეიქმნება პაკეტების ცალკე რიგი. ამასთან, როგორც ვხვდებით, თითოეულ რიგთან დაკავშირებული იქნება არა მარტო მისი პრიორიტეტი, არამედ სატრანზიტო – საკომუტაციო კვანძის გამოსასვლელი ინტერფეისის საერთო გამტარიანობიდან რა თაღ პროცენტიც, რომელიც ჭარბი პაკეტების მოცემულ კლასს გარანტირებულად უზრუნველყოფს ამ ინტერფეისის (შესაბამისად სატრანზიტო – საკომუტაციო ამ კვანძის) გადატვირთვის შემთხვევაშიც კი.

ნახ.5.2.1-ზე ნაჩვენებია ანალიზატორის დახმარებით წონითი კოეფიციენტებით იდენტიფიცირებული მართვადი რიგის ერთ-ერთი სარეალიზაციო ვარიანტი.

ნახ. 5.2.1-ზე ნაჩვენები მნიშვნელობების მიხედვით (წონითი კოეფიციენტების ეს მნიშვნელობები პირობითადაა აღებული მაგალითის სადემონსტრაციოდ) თუ ვიმსჯელებთ ქსელის საკომუტაციო კვანძის ნებისმიერი გადატვირთვის შემთხვევაში ამ რიგებს შეესაბამება ანალიზატორის მიერ განსაზღვრული მეხსიერების ბუფერის ზომის (მეხსიერების მოცულობის) კვანძის გამოსასვლელი ინტერფეისის შესაბამისად 10%, 6%, 35%, 25%, 10% და 15% გამტარუნარიანობა. ჭარბი ტრაფიკის განაწილების შემოთავაზებული ამ

მეთოდის მიხედვით პაკეტების რიგების ფორმირება და მათი ოპტიმალური მომსახურების მიზანი მიიღწევა ამ წონითი კოეფიციენტების შემდგომში ანალიზატორის მიერ ციკლური გამოკითხვით, რის შემდეგაც ფორმირდება გამოსასვლელი პრიორიტეტული რიგი. ანალიზატორის მიერ წონითი კოეფიციენტის მნიშვნელობის გამოთვლა სწარმოებს კვანძის შესასვლელი ტრაფიკის ინტენსიურობის შეფარდებით იმ გამტარუნარიანობასთან, რომელიც გამოყოფილი აქვს ამ მოცემულ კლასს მისი წონის კოეფიციენტით.

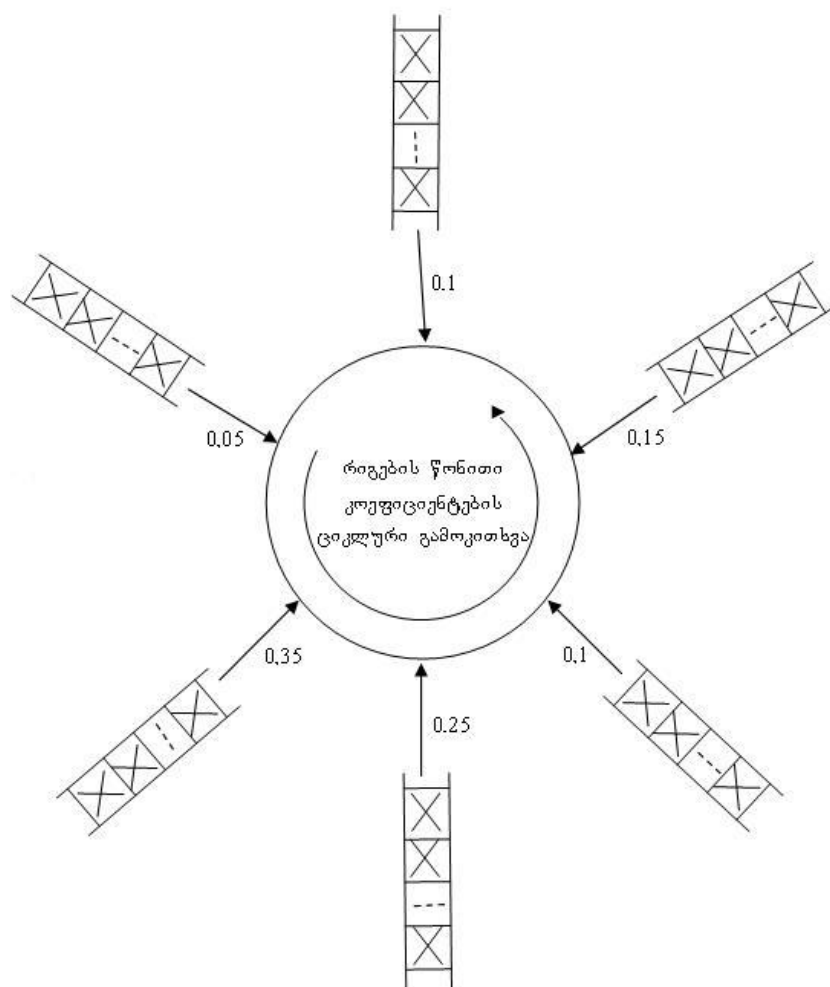


ნახ. 5.2.1 ანალიზატორის მიერ ჭარბი ტრაფიკის პრიორიტეტულ კოეფიციენტებად დაყოფა გამტარუნარიანობის მითითებით

პაკეტების რიგის ხარისხობრივი ქცევა და შესაბამისად შეყოვნებები აღნიშნული შემოთავაზებული მეთოდის დროს თითქმის იგივეა, როგორც FIFO-ს რეჟიმში მუშაობის დროს, ე.ი. რაც ნაკლებია დატვირთვის კოეფიციენტი, მით უფრო ნაკლებია რიგის საშუალო სიგრძე (იგი აზრობრივად გაიგივებულია

ჭარბი პაკეტების დროით ხანგძლიობებთან) და მით უფრო ნაკლებია შეყოვნებები ჭარბი ტრაფიკის გადაცემისას.

ამგვარად, ჭარბი ტრაფიკის განაწილება რიგების წონითი კოეფიციენტების წრიული (ციკლური) გამოკითხვისას (ნახ. 5.2.2) წარმოდგენილ სადისერტაციო ნაშრომში შემოთავაზებული ეს ახალი მეთოდი ქმნის უფრო ხელსაყრელ პირობებს ყველა სახის ჭარბი ტრაფიკის მომსახურებისათვის. ამასთან ერთად შემოთავაზებული ამ ახალი მეთოდის უპირატესობაა ისიც, რომ ანალიზატორის მიერ რიგების თითოეულ კლასს (კატეგორიას) შესაბამისად დაენიშნება სხვადასხვა ზომის (მოცულობის, სიგრძის) მესხიერების ბუფერები, რაც ხელს უწყობს ჭარბი პაკეტებისაგან შემდგარი საინფორმაციო ნაკადების ოპტიმალური განაწილების ოპერატიულად წარმართვას. ასეთი ანალიზატორის დახმარებით ქსელის ადმინისტრატორს ამ მეთოდის გამოყენება აძლევს საშუალებას რაციონალურად გამოიყენოს ჭარბი პაკეტების შესანახად (დროებით) გამოყოფილი მესხიერების ბუფერების ზომა.



ნახ. 5.2.2 წონითი კოეფიციენტების წრიული (ციკლური) გამოკითხვა

მეექვსე თავი ძირითადად დათმობილი აქვს ნაშრომში შემუშავებული სპეციალიზატორის მუშაობის ალგორითმების ექსპერიმენტულ შემოწმებასა და მიღებული შედეგების შეფასებას. ამისათვის შემუშავებულია ექსპერიმენტის ჩატარების მეთოდოლოგია. მოცემულია ექსპერიმენტული შედეგების ანალიზი.

აღნიშნულ ექსპერიმენტში სპეციალურად შემუშავებული მეთოდის მიხედვით ანალიზატორმა უნდა გამოითვალოს:

1. ბუფერული მეხსიერების რა მოცულობებია საჭირო (კერძოდ, მეხსიერების რამდენი პრიორიტეტული ზონაა საჭირო);
2. ჭარბი პაკეტების დეიტაგრამების რა რაოდენობა შეიძლება განთავსდეს ამ ზონებში;
3. წინასწარ განსაზღვროს ბუფერული მეხსიერების ზონებში ჭარბი პაკეტების ყოფნის (ე.ი. მათი დაყოვნების გამოსახველურ პორტებზე მათ გაცემამდე) დროითი ხანგძლიოებები;
4. ჩაატაროს საკონტროლო ჯამების შემოწმება თითოეულ ნაკადში შემავალი ჭარბი პაკეტებისათვის.

დავუშვათ, ქსელის პიკური დატვირთვის მომენტში სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძის შესასვლელ ინტერფეისში დაგროვდა ჭარბი პაკეტებისაგან შემდგარი 5 საინფორმაციო ნაკადი. ექსპერიმენტის ამოცანაა განსაზღვროს ანალიზატორმა თითოეულ ნაკადში შემავალი ჭარბი პაკეტების ჯამური დროითი ხანგძლიოებები და გამოითვალოს რა რაოდენობის ბუფერული მეხსიერების ზონებია საჭირო თითოეული ნაკადისთვის მათში შემავალი ჭარბი პაკეტების შემცველი დეიტაგრამების დროებითი განთავსებისას საკომუტაციო კვანძის დატვირთვის პიკური დროის ამოწურვამდე.

1. პირველი ჭარბი პაკეტების ნაკადი შეიცავს 10 ჭარბ პაკეტს (თითოეულის დროითი ხანგძლიოებებია შესაბამისად 11, 5, 10, 8, 7, 13, 15, 3, 9 და 4 მკწმ);
2. მეორე ნაკადი შეიცავს 7 ჭარბ პაკეტს (ანალოგიურად ამ ნაკადისთვის: 8, 10, 5, 9, 3, 4, 7 მკწმ);
3. მესამე ნაკადი შეიცავს 6 ჭარბ პაკეტს (12, 3, 5, 8, 10, 9 მკწმ);
4. მეოთხე ნაკადი შეიცავს 11 ჭარბ პაკეტს (15, 13, 10, 7, 9, 10, 10, 5, 7, 10, 11 მკწმ);

მეხუთე ნაკადი შეიცავს 12 ჭარბ პაკეტს (20, 15, 18, 9, 13, 17, 7, 9, 10, 13, 14, 15 მკწმ).

აღნიშნული მონაცემების შეტანისას ქსელურ ანალიზატორში, მასში ჩატარებული გამოთვლების თანამიმდევრობები (ე.ი. თითოეული ჭარბი ნაკადის ჯამური ხანგრძლიობებისა და ბუფერის ზონალური მონაკვეთების რაოდენობის თანამიმდევრობები) პაკეტების გამანაწილებელი კვანძის ოპერაციულ მოწყობილობებში წარმოდგენილია შემდეგი ლისტინგებით:

ლისტინგი 6.1 (ჭარბი პაკეტების პირველი ნაკადისათვის).

| | | | | | | | | | | |
|----|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11 | 8 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1X3=3 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 1 | 1X8=8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 7 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1X4=4 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1X6=6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 4 | 3 | 2 | 2X7=14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 10 | 9 | 8 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2X2=4 | 2 |
| 15 | 12 | 11 | 10 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 2 | 2X1=2 |
| 3 | 1X10=30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1X5=5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1X9=9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

საკონტროლო ჯამები: $K_1=11+5+10+8+7+13+15+3+9+4=85$

$$K_2=30+9+8+14+6+5+4+3+4+2=85$$

$$K_1=K_2=85$$

ლისტინგი 6.2. (ჭარბი პაკეტების მეორე ნაკადისათვის)

| | | | | | | | |
|----|--------|-------|-------|-------|------|---|-------|
| 8 | 5 | 4 | 3 | 1 | 13=3 | 0 | 0 |
| 10 | 7 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1X1=1 |
| 5 | 2 | 1 | 1X5=5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 6 | 5 | 4 | 2X4=8 | 2 | 1 | 12=2 |
| 3 | 3X7=21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1X6=6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |

საკონტროლო ჯამები: $K_1=8+10+5+9+3+4+7=46$

$$K_2=21+6+5+8+3+2+1=46$$

$$K_1=K_2=46$$

ლისტინგი 6.3 (ჭარბი პაკეტების მესამე ნაკადისათვის)

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|---------|---------|---|-------|
| 12 | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 2X1=2 |
| 3 3X3=18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 2 2X5=10 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 5 | 3 3X4=12 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 7 | 5 | 2 | 1 1X2=2 | 0 | |
| 9 | 6 | 4 | 1 1X3=3 | 0 | 0 | |

საკონტროლო ჯამები: $K_1=12+3+5+8+10+9=47$

$$K_2=18+10+12+3+2+2=47$$

$$K_1=K_2=47$$

ლისტინგი 6.4 (ჭარბი პაკეტების მეოთხე ნაკადისათვის)

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|---|-------|
| 15 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 | 2 | 2X1=2 |
| 13 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 2X2=4 | 0 | |
| 10 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 2 2X10=20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 4 | 2 2X8=16 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 5 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 5X11=55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 5 | 3 | 1 1X7=7 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 6 | 4 | 2 | 1 1X3=3 | 0 | 0 | |

საკონტროლო ჯამები: $K_1=15+13+10+7+9+10+10+5+7+10+11=107$

$$K_2=55+20+16+7+3+4+2=107$$

$$K_1=K_2=107$$

ლისტინგი 6.5 (ჭარბი პაკეტების მესხეთე ნაკადისათვის)

| | | | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20 | 13 | 11 | 10 | 7 | 6 | 5 | 3 | 2 2X1=2 |
| 15 | 8 | 6 | 5 | 2 | 1 1X5=5 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 11 | 9 | 8 | 5 | 4 | 3 | 1 1X2=2 | 0 |
| 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 6 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 10 | 8 | 7 | 4 | 3 | 2 2X3=6 | 0 | 0 |
| 7 7X12=84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 2X11=22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 3 | 1 1X9=9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 6 | 4 | 3 3X8=24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 7 | 5 | 4 | 1 1X6=6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 8 | 6 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |

საკონტროლო ჯამები: $K_1=20+15+18+9+13+17+7+9+10+13+14+15=160$

$K_2=84+22+9+24+6+5+6+2+2=160$

$K_1= K_2=160$

წარმოდგენილი ნაშრომში შემუშავებული მეთოდის თანახმად საკომუტაციო კვანძის შემავალ ინტერფეისზე დაგროვილი ჭარბი პაკეტების დროებით განსათავსებლად საკომუტაციო კვანძის ბუფერულ მესხიერებაში ანალიზატორი გამოთვლების თითოეულ იტერაციაზე განსაზღვრავს როგორც პაკეტების სიჭარბის რაოდენობრივ კლებადობასა და მათ რიცხვს განაწილების მომდევნო იტერაციაში მონაწილეობის მისაღებად, ასევე მესხიერების პრიორიტეტული ზონების რაოდენობას ჭარბი პაკეტების განაწილების დასრულებამდე.

ამ ოპერაციის მსვლელობასა და მათ შედეგებს ნათლად ასახავს ნაშრომში მოყვანილი ცხრილები. ერთ-ერთი მათგანი ნაჩვენებია ცხრ.6.1-ში.

| კვანძში დაბრუნებული ჯარი პაციენტები | I იტერაცია | | | II იტერაცია | | | III იტერაცია | | | IV იტერაცია | | | V იტერაცია | | | VI იტერაცია | | | VII იტერაცია | | | VIII იტერაცია | | | IX იტერაცია | | | X იტერაცია | | |
|--|------------|----|---|-------------|---|-----|--------------|---|-----|-------------|---|-----|------------|---|-----|-------------|---|-----|--------------|---|-----|---------------|---|-----|-------------|---|-----|------------|---|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| საერთო რაოდენობა | 11 | | | 8 | | | 7 | | | 6 | | | 4 | | | 3 | | | 2 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | |
| | 5 | | | 2 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| | 10 | | | 7 | | | 6 | | | 5 | | | 3 | | | 2 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| | 8 | | | 5 | | | 4 | | | 3 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 10 | 7 | 10 | 3 | 9 | 4 | 1x9 | 8 | 3 | 1x8 | 7 | 2 | 2x7 | 6 | 0 | 1x6 | 5 | 0 | 1x5 | 4 | 0 | 1x4 | 3 | 0 | 1x3 | 2 | 0 | 2x2 | 1 | 0 | 2x1 |
| 13 | | | | 10 | | 9 | | 9 | 8 | | 8 | | 6 | | 6 | | 5 | 5 | 4 | | 4 | | 3 | | 2 | | 4 | | 2 | 2 |
| 15 | | | | 12 | | | 11 | | | 9 | | | 8 | | | 7 | | | 6 | | | 5 | | | 4 | | | | | 2 |
| 3 | | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 9 | | | | 6 | | | 5 | | | 4 | | | 2 | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |
| 4 | | | | 1 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | |

საკონტროლო ჯამების მნიშვნელობები 85

შესივრების პრიორიტეტული ზონების საერთო რაოდენობა 10

თითოეული იტერაციის შედეგი აღნიშნულ ცხრილებში ნაჩვენებია პატარა წრეხაზებში ჩაწერილი რიცხვებით. ისინი შესაკრებების სახით მიეწოდებიან ჭარბი პაკეტების ანალიზატორის დამგროვებელ ამჯამავს, ხოლო საკონტროლო ჯამების მნიშვნელობები თითოეული ნაკადისათვის და ჭარბი პაკეტების განსათავსებლად საჭირო ბუფერული მეხსიერების პრიორიტეტული ზონების საერთო რაოდენობა ნაჩვენებია წარმოდგენილი ცხრილების ბოლო სტრიქონებში.

დასკვნა

წარმოდგენილ ნაშრომში ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებულია შემდეგი ძირითადი შედეგები:

1. გაანალიზებულია კომპიუტერული ქსელის ოპტიკურ-ბოჭკოვან საკომუნიკაციო არხებში გადასაცემი პაკეტების ტრაფიკში სიჭარბის წარმოქმნის ძირითადი მიზეზები. ფორმულირებულია ჭარბი პაკეტების გადაცემების რეგულირების ძირითადი პრობლემები. ნაჩვენებია ამ პრობლემების ოპტიმალური გადაწყვეტის გზები და საშუალებები.
2. დასაბუთებულია ოპტიკურ-ბოჭკოვან ხაზებში ჭარბი პაკეტების კონტროლისათვის ოპტოელექტრონული ანალიზატორის შექმნისა და პრაქტიკული გამოყენების მიზანშეწონილობა. ფორმულირებულია მისი ძირითადი ფუნქციები მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების გადაცემების ეფექტური მართვის მიზნით.
3. დამუშავებულია კომპიუტერული ტრაფიკის სიჭარბის მარეგულირებელი აპარატურულ-პროგრამული საშუალებების – სპეციალიზატორის შემადგენელი ოპტოელექტრონული მოწყობილობები და მათი ფუნქციონირების ალგორითმები.
4. შემუშავებულია კავშირის ოპტიკურ-ბოჭკოვან არხებში ჭარბი პაკეტების დროითი ხანგძლიობების გაზომვისა და მათი ურთიერთშედარების ოპტოელექტრონული მეთოდები და სარეალიზაციო საშუალებები. შემუშავებული და ექსპერიმენტულად შემოწმებულია ქსელის გადატვირთვისას სატრანზიტო-საკომუტაციო კვანძებში დაგროვილი ჭარბი კლიენტსერვერული პაკეტების შეყოვნების ჯამური ხანგძლიობების განსაზღვრის ეფექტური მეთოდი.

5. შემუშავებულია საკომუტაციო კვანძის ბუფერული მესხიერების გაერთიანებული სივრცის შექმნისა და მისი პრიორიტეტულ ზონებად დაყოფის მეთოდი პიკის საათებში წარმოქმნილი ჭარბი პაკეტების დროებითი განთავსების მიზნის. შემუშავებულია ასეთი ჭარბი პაკეტების წონითი კოეფიციენტების შემოღებისა და შემდგომში მათი ციკლური გამოკითხვის ეფექტური მეთოდი.
6. შემუშავებული და ექსპერიმენტულად შემოწმებულია კომპიუტერული ქსელის სპეციალიზატორის მიერ ჭარბი კლიენტ-სერვერული პაკეტების სატრანზიტო კვანძის გამოსასვლელ პორტებზე გაცემის რიგითობის რეგულირების ალგორითმები, რომლებიც ადასტურებენ მათი გამოყენების ეფექტურობას.
7. ნაჩვენებია ოპტოელექტრონული ანალიზატორის ფუნქციების გაფართოების შესაძლებლობები და მისი გამოყენების პერსპექტივები ახალი თაობის ქსელურ მოწყობილობებში.

The basic theoretical and practical results

We can make the following conclusions about the results of dissertation:

1. The analysis of the main reasons of emergence in fiber-optic communication channels of a computer network of redundancy of packages of a traffic is given. The main problems of regulation are formulated by transfers of superfluous packages. Ways and means of optimum solutions of these problems are specified.
2. Expediency of creation and practical use of the optoelectronic analyzer on fiber-optic lines for control by superfluous packages is proved. His main are formulated functions for the purpose of effective management of transfers of information packages of high intensity.
3. Making optoelectronic devices and algorithms of functioning of the specialized analyzer _ are developed is hardware - a software of regulation of a computer traffic.
4. Optoelectronic methods and implementers are developed for measurement and comparison of temporary dlitelnost of superfluous packages in fiber-optic communication channels. It is developed and experimentally checked efficiency of a method of determination of total duration of a delay of the saved-up superfluous client-server packages in transit - komutatsionnykh knots of the overloaded network.
5. The method of creation of an obedient pronstranstvo and the subsequent division by its priority zones of buffer memory of switching knot for the purpose of temporary placement of the superfluous packages which have arisen in peak hours is developed. Also effective method of introduction and their further cyclic poll of weight factors of such superfluous packages is developed.
6. Algorithms of regulation by the specialized analyzer of a computer network of sequence of delivery on target ports of transit knot of superfluous client-server packages which confirm efficiency of their application are developed and experimentally checked.
7. Possibilities of expansion of functions of the optoelectronic analyzer and prospect of its application in network devices of new generation are shown.

დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია ავტორის მიერ

გამოქვეყნებულ შემდეგ სამეცნიერო სტატიებში

1. ნ. ნატროშვილი, ნ. გაბაშვილი, ა. რობიტაშვილი, თ. ნატროშვილი. გლობალური კომპიუტერული ქსელის სატრანზიტო კვანძებში ჭარბი პაკეტების შეყოვნების დროითი ხანგძლივობების განსაზღვრისა და ოპტიმალური გადაცემების მართვის მეთოდები. მართვის ავტომატიზებული სისტემები. № 1(12), გვ. 2012 157-168;
2. ნატროშვილი ნ., ჯაყელი გ., ნატროშვილი თ., ქსელის მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების ანალიზი და მათი აღმოფხვრის ეფექტური მეთოდები. შრომები. მას. №1(8), 2010 გვ. 132-139;
3. Натрошвили О.Г., Натрошвили О.Н., Мартинюк Т.Б., Структурная организация коммутационных устройств сетей с применением оптоэлектронной технологии. OPTOELECTRONIC INFORMATION - POVER TECHNOLOGIES. №2 (16), 2008 pp.197-202;
4. ნატროშვილი თ., ნატროშვილი ნ., კომპიუტერული ტრაფიკის პულსაციების ავტომატური რეგულირების მეთოდები. შრომები. მართვის ავტომატიზებული სისტემები №2(5), 2008 გვ. 98-102;
5. ნატროშვილი თ., ხოშტარია ც., ნატროშვილი ნ., ხოშტარია ს. ქსელურ სისტემებში გადატვირთვის განაწილების ოპტიმალური მეთოდი მაღალი ინტენსი-ობის საინფორმაციო ნაკადების არსებობისას. შრომები. მას. 1(4), 2008 გვ. 135-142;
6. ნატროშვილი თ., ნატროშვილი ნ., ტრაფიკის ეფექტური მართვის მეთოდები კომპიუტერული ქსელების მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების დროს. შრომები მას. №1(6), 2009 გვ. 109-113;
7. ნატროშვილი თ., ნატროშვილი ნ. მაღალი ინტენსიობის პაკეტების გადაცემის ეფექტური ალგორითმების შემუშავება კომპიუტერული ქსელების მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნისას. შრომები. მას. №2(7), 2009 გვ. 127-131;
8. Натрошвили О.Г., Прангишвили А.И., Имнаишвили Л.Ш., Натрошвили Н.О. Оптоэлектронный анализатор для управления избыточными пакетами, накопленными в пиковые моменты перегрузки компьютерных сетей. OPTOELECTRONIC INFORMATION – POVER TECHNOLOGIES. №1(19), 2010. pp. 197-2001;
9. ნატროშვილი ნ., ნატროშვილი თ. კომპიუტერული ქსელის კომუტატორებში ჭარბი პაკეტების დაყოვნების ჯამური ხანგძლივობის ოპერატიული განსაზღვრის მეთოდი. საქართველოს განათლების მეცნიერებათა აკადემია “მოამბის” დამატება. შრომები №1(16), 2010. თბ. გვ. 113-116;
10. Натрошвили О.Г., Натрошвили Н.О. Новые подходы к построению быстродействующей сетевой системы на методах и аппаратных средствах современной оптоэлектроники PHOTONICS – ODS 2010. V International Conference on Optoelectronic Information Technologies September 28-30, 2010 p. 201;
11. ნატროშვილი თ., ქურდაძე მ., ინჯია ღ., გაბეხაძე ბ., ნატროშვილი ნ. ჭარბი პაკეტების გადაცემების ეფექტური მართვა კომპიუტერულ ქსელებში. შრომები. მას. №1(10). 2001. გვ. 294-296;
12. ნატროშვილი თ., ხოშტარია ც., გაბაშვილი ნ., ხოშტარია ს., ნატროშვილი ნ. კომპიუტერული ქსელის კვანძებში ცვალებადი ფორმატის ბუფერული

მეხსიერების ზონების შექმნისა და მათი გამოყენების ეფექტური
მეთოდები. “ინფორმაციული ტექნოლოგიები 2008”. სტუ, შრ. კრებ.
თბილისი 2008, გვ.196-200;